



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

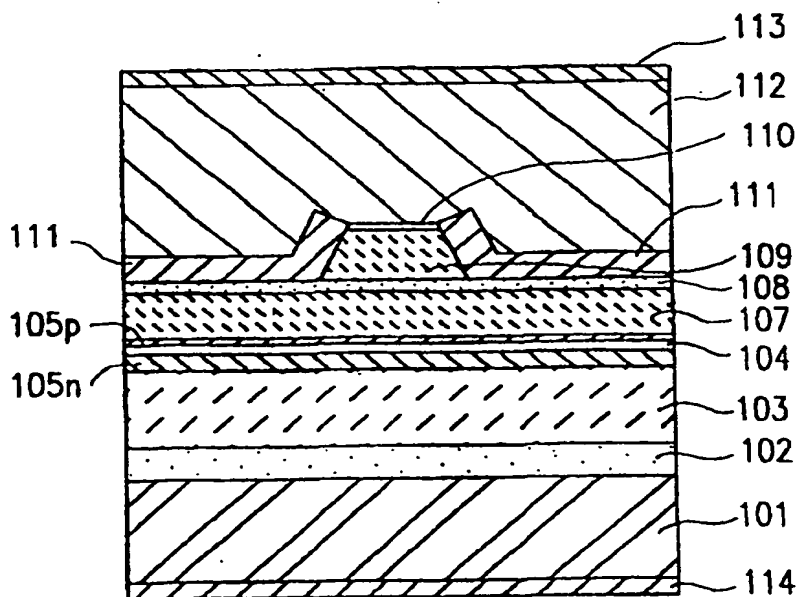
<p>(51) 国際特許分類6 H01S 3/18, G11B 7/125</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO97/50158</p> <p>(43) 国際公開日 1997年12月31日(31.12.97)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/02171</p> <p>(22) 国際出願日 1997年6月24日(24.06.97)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平8/162646 1996年6月24日(24.06.96) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)[JP/JP] 〒571 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 福久敏哉(FUKUHISA, Toshiya)[JP/JP] 〒615 京都府京都市右京区梅津大縄場町6-7 嵐山ロイヤルハイツ8-406 Kyoto, (JP) 萬濃正也(MANNOH, Masaya)[JP/JP] 〒631 奈良県奈良市三碓6-6-38 Nara, (JP) 木戸口勲(KIDOGUCHI, Isao)[JP/JP] 〒666-01 兵庫県川西市緑台4-6-40 Hyogo, (JP) 高森 晃(TAKAMORI, Akira)[JP/JP] 〒565 大阪府吹田市山田東4-35-1-406 Osaka, (JP)</p>	<p>足立秀人(ADACHI, Hideto)[JP/JP] 〒567 大阪府茨木市穂積台3-804 Osaka, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 山本秀策(YAMAMOTO, Shusaku) 〒540 大阪府大阪市中央区城見一丁目2番27号 クリスタルタワー15階 Osaka, (JP)</p> <p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>	

(54)Title: SEMICONDUCTOR LASER

(54)発明の名称 半導体レーザ

(57) Abstract

In a semiconductor laser provided with an active layer and a buried layer which absorbs the laser light emitted from the active layer, the oscillation wavelength of the laser light is in a 650-nm band and the oscillation mode is in a single transverse mode. In addition, the peak of the intensity distribution of the laser light is positioned oppsite to the buried layer with respect to the center of the active layer.



(57) 要約

活性層と、該活性層から発光されたレーザ光を吸収する埋め込み層と、を備えた半導体レーザにおいて、該レーザ光の発振波長が650nm帯にあって、発振モードが単一横モードであり、該レーザ光の光強度分布のピークが、該活性層の中心に対して該埋め込み層とは反対側に位置している。

参考情報

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	ES	スペイン	LR	リベリア	SG	シンガポール
AM	アルメニア	FI	フィンランド	LS	レソト	SI	スロヴェニア
AT	オーストリア	FR	フランス	LT	リトアニア	SK	スロヴァキア共和国
AU	オーストラリア	GA	ガボン	LU	ルクセンブルグ	SL	シエラレオネ
AZ	アゼルバイジャン	GB	英国	LV	ラトヴィア	SN	セネガル
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	MC	モナコ	SZ	スワジランド
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MD	モルドヴァ共和国	TD	チャード
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TG	トーゴ
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴス	TJ	タジキスタン
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ		ラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	ML	マリ	TR	トルコ
BR	ブラジル	ID	インドネシア	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CA	カナダ	IL	イスラエル	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MX	メキシコ	US	米国
CG	コンゴ	IT	イタリア	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CH	スイス	JP	日本	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CN	中国	KG	キルギスタン	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CU	キューバ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PL	ポーランド		
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	LC	セントルシア	RU	ロシア連邦		
EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SD	スーダン		
		LK	スリランカ	SE	スウェーデン		

明 細 書

半導体レーザ

5 技術分野

本発明は、光ディスクシステムの光源などに用いられる半導体レーザに関する。

背景技術

10 近年、光通信、レーザプリンタ、光ディスクなどの分野で半導体レーザの需要が高まり、GaAs系及びInP系を中心として、活発に研究開発が進められている。このうち光情報処理分野においては、特に波長が約780nmのAlGaAs系半導体レーザ光による情報の記録・再生を行う方式が実用化され、コンパクトディスク等で広く普及するに至っている。しかし、最近になって、これらの光ディスク装置に対して、より一層の記憶容量の増加が求められるようになっており、それに伴って、短波長レーザの実現への要望が強まってきている。

15 この点に関連して、AlGaInP系半導体レーザは、約620nm～約690nmの赤色領域での発振が可能であり、現時点で実用レベルにある半導体レーザの中で、最も短波長の光が得られる。従って、AlGaInP系半導体レーザは、従来のAlGaAs系半導体レーザに代わる次世代の大容量光情報記録用光源として、有望である。

従来の半導体レーザは、例えば、D. P. Bourらによって、Journal of Quantum Electronics, Vol. 30, No. 2, pp. 593-606 (Feb. 1994)に開示されている。この文献に開示されている半導体レーザは、基板上に形成された多重量子井戸構造の活性層を有し、発振波長680nmで5mWの出力を達成している。

25 しかし、発振波長を短くしていくと、活性層のバンドギャップが大きくなり、それにとまって、活性層とクラッド層との間でのバンドギャップのオフセット

ΔE_g が小さくなる。このため、電流注入によるキャリアのオーバフローが発生して、しきい値電流、さらには動作電流が増加する。このような現象は、半導体レーザの高出力化を実現するためには好ましくない。

5 発明の開示

本発明の半導体レーザは、活性層と、該活性層から発光されたレーザ光を吸収する埋め込み層と、を備え、該レーザ光の発振波長が650nm帯にあって、発振モードが単一横モードであり、該レーザ光の光強度分布のピークが、該活性層の中心に対して該埋め込み層とは反対側に位置している。

- 10 ある実施形態では、前記活性層の両側に形成された一对の光ガイド層をさらに備え、該一对の光ガイド層が非対称構造を有している。例えば、前記一对の光ガイド層のうちで、前記活性層に対して前記埋め込み層とは反対側に位置する第1の層の厚さが、該活性層に対して該埋め込み層の側に位置する第2の層の厚さよりも大きい。好ましくは、前記一对の光ガイド層において、前記第2の層の厚さ
15 に対する前記第1の層の厚さの比が約2～約8の範囲にある。

ある実施形態では、前記一对の光ガイド層の厚さの合計が約0.03 μ m～約0.12 μ mである。

好ましくは、前記レーザ光の光強度分布のピークが、前記活性層の中心から約5nm～約10nmシフトしている。

- 20 前記レーザ光の光強度分布のピークは、前記活性層の内部に位置し得る。

前記活性層は、多重量子井戸構造を有し得る。

前記活性層は、オフ基板の上に形成され得る。

ある実施形態では、前記活性層に対して前記埋め込み層とは反対側の位置に、隣接する層よりも小さい屈折率を有する層が設けられている。

- 25 発振波長は、上述の650nm帯の代わりに630nm帯にあってもよい。

本発明の他の局面によれば、上述のような特徴を有する半導体レーザと、該半

導体レーザから出射したレーザ光を記録媒体に集光する光学系と、該記録媒体からの反射光を受光する光検出器と、を備えた光ディスク装置が提供される。

該光ディスク装置では、前記半導体レーザを光源として使用して、前記記録媒体に情報を記録し得る。

5 前記光検出器は、前記半導体レーザの近傍に配置され得る。

ある実施形態では、前記光検出器はシリコン基板上に形成されており、前記半導体レーザは該シリコン基板上に設置されている。例えば、前記半導体レーザは、前記シリコン基板に形成された凹部に設置されており、該半導体レーザから出射されたレーザ光は、該シリコン基板に形成されたマイクロミラーによって反射されて、該シリコン基板の表面に対して実質的に垂直な方向に進む。前記マイクロミラーの表面には、金属層が形成され得る。

10 これより、本発明は、発振波長を短くしても小さいしきい値電流値が保たれている、高出力化に適した動作特性を有する半導体レーザを提供すること、を目的とする。

15

図面の簡単な説明

図1(a)及び(b)は、本発明の第1の実施形態における半導体レーザの構造を示す断面図及び斜視図である。

20 図2は、図1の半導体レーザの活性層及びその近傍におけるAl組成xの変化(バンドギャップエネルギー構造)を示す図である。

図3は、半導体レーザにおける光強度分布のピークの位置を模式的に説明する図である。

図4は、図3示す各光強度分布をそれぞれ有する半導体レーザの特性(しきい値電流 I_{th} 及び動作電流 I_{op})を示す図である。

25 図5は、p側光ガイド層の厚さに対するn側光ガイド層の厚さの比に対する、しきい値電流の変化を示す図である。

図6(a)～(d)は、発振波長帯が680nm、665nm、650nm、及び630nmである場合における、p側光ガイド層の厚さに対するn側光ガイド層の厚さの比に対するキンクレベルの変化を示す図である。

図7(a)及び(b)は、本発明の第2の実施形態における半導体レーザの活性層及びその近傍におけるAl組成xの変化(バンドギャップエネルギー構造)を示す図である。

図8は、本発明の第3の実施形態における光ディスク装置の構成を示す図である。

図9は、本発明の第4の実施形態における光ディスク装置の構成を示す図である。

図10は、図9の光ディスク装置の構成の一部をさらに詳細に示す図である。

図11は、図9の光ディスク装置に含まれるレーザユニットの構成を示す斜視図である

15 発明を実施するための最良の形態

本発明の半導体レーザは、活性層と、活性層からの発光を吸収する埋め込み層と、を備えている。レーザの発振波長は基本的に650nm帯であり(或いは、630nm帯であってもよい)、また、発振波長のモードは単一モードである。さらに、発振波長の光強度分布のピークが活性層の中心から埋め込み層のない側にシフトしている構造を有している。

このように、本発明の半導体レーザの構造では、レーザ光の強度ピークが埋め込み層から離れた側に存在しているので、埋め込み層でのレーザ光の吸収が少なくなり、しきい値電流の低減及び動作電流の低減が実現される。さらに、レーザ光の強度ピークが埋め込み層から離れているにもかかわらず、キンクレベルが高く、また1次モードが立ち難くなっていて、容易に単一横モード発振を得ることができる。

レーザの発振波長を680nmから短くしていくと、前述したように、キャリアのオーバフローによってしきい値電流が増大する。それに加えて、電流を狭窄するために設けられている埋め込み層におけるレーザ光の吸収量が増加して、それに伴うしきい値電流の増加も発生する。

5 そこで本願発明者らは、発振されるレーザ光の強度分布を埋め込み層から離すことによって、埋め込み層での光吸収量を低減して、しきい値電流の増加を防ぐことを試みた。その結果、このようなレーザ光の強度分布を実現する構成では、レーザ光の吸収量が実際に減少することを確認した。

10 その一方で、上記のような効果をもたらす構成では、レーザ光の強度分布が埋め込み層から離れるに従って活性層に垂直な方向に光を閉じ込めるために必要な実効屈折率差が小さくなり、高次モードが立ちやすくなる可能性がある。しかし、実際には、そのような不都合の発生を抑制できることが確認された。

15 以下では、上記のような特徴を有する本発明の半導体レーザ、及びそれを利用して構成される光ディスク装置のいくつかの実施形態を、添付の図面を参照しながら説明する。

第1の実施形態

図1(a)及び(b)は、本発明の第1の実施形態における半導体レーザの構造を示す断面図及び斜視図である。

20 具体的には、(100)面の面方位から[011]方向へ10度傾斜したn型GaAs基板101の上に、n型GaAsバッファ層102、n型AlGaInPクラッド層103、n側AlGaInP光ガイド層105n、GaInP井戸層104w及びAlGaInP障壁層104b(図2参照)を含む活性層104、p側AlGaInP光ガイド層105p、p型AlGaInPからなる第1のp型クラッド層107、及びp型GaInPエッチングストップ層108が、順次
25 形成されている。p型GaInPエッチングストップ層108の上には、p型A

1 GaInPからなる第2のp型クラッド層109及びp型GaInPコンタクト層110がリッジ状に形成されており、リッジの両側には、n型GaAs層から構成されて電流ブロック機能を有する埋め込み層111が形成されている。さらに、p型コンタクト層110及び埋め込み層111の上には、p型GaAsキャップ層112が形成されている。そして、キャップ層112の上にはp電極113が形成されており、一方、基板101の裏面には、n電極114が形成されている。

上述した各層の典型的なドーピング量及び厚さは、それぞれ以下の通りである。

表 1

10

15

20

25

名 称	参照番号	ドーピング量	膜厚
キャップ層	112	$5 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$4 \mu\text{m}$
埋め込み層	111	$2 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$0.8 \mu\text{m}$
コンタクト層	110	$1 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	500 \AA
第2のp型クラッド層	109	$1 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$1.3 \mu\text{m}$
エッチングストップ層	108	$3 \times 10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	100 \AA
第1のp型クラッド層	107	$3 \times 10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	2500 \AA
p側光ガイド層	105 p	アンドープ	100 \AA
活性層	104	アンドープ	250 \AA
井戸層	104 w	アンドープ	50 \AA
障壁層	104 b	アンドープ	50 \AA
n側光ガイド層	105 n	アンドープ	400 \AA
n型クラッド層	103	$1 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$1.5 \mu\text{m}$
バッファ層	102	$1 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$0.3 \mu\text{m}$

図2に、上記の半導体レーザの活性層104及びその近傍における $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のAl組成xの変化（すなわち、エネルギーバンド構造の変化）を示す。

図示されているように、この半導体レーザでは、n型クラッド層103と第1及び第2のp型クラッド層107及び109におけるAl組成xを、0.7としている。さらに、p側光ガイド層105p及びn側光ガイド層105nのAl組成xは、活性層104の障壁層104bのAl組成xと同じく、0.5としている。一方、活性層104の井戸層104bはAlを含まないGaInPによって形成されており、計3層の井戸層104wが設けられている。

上記の構造において、活性層104とn型クラッド層103との間に形成したn側光ガイド層105nの厚さを、活性層104とp型クラッド層107との間に形成したp側光ガイド層105pの厚さよりも大きくしている。このような非対称な設定によって、レーザ光の強度分布を活性層104の中心に対して積層構造のn側領域にシフトさせて、結果として埋め込み層111における光吸収を低減している。

図3は、光強度分布のピーク位置を模式的に表す図である。図中の点線は、活性層の中心を示している。

図3において、(a)は、光強度分布のピーク位置が活性層の中心に対して埋め込み層111の存在する側（キャップ層112の側）に偏って位置している場合であり、(b)は、光強度分布のピーク位置が活性層の中心近傍にある場合であり、(c)は、光強度分布のピーク位置が活性層の中心に対して埋め込み層111から離れた側にある場合に、それぞれ相当する。図3に示されている光強度分布の広がり方を考慮すれば、(c)で示されるピーク位置の場合に、埋め込み層111における光の吸収量が少なくなることがわかる。

図3に(a)～(c)として示される光強度分布は、p側及びn側光ガイド層と厚さの相対関係を適切に設定することによって実現される。図4は、図3の

(a) ~ (c) に相当する光強度分布をそれぞれ有する半導体レーザの特性（しきい値電流 I_{th} 及び動作電流 I_{op} ）を示す。

具体的には、図4の横軸は、n側ガイド層及びp側ガイド層の厚さを示している。n側ガイド層及びp側ガイド層の厚さの合計が500Åで一定となるようにして、活性層に含まれる井戸層に閉じ込められる光の総量を一定にしている。また、活性層の厚さは、250Åで一定である。一方、図4の縦軸は、しきい値電流（ I_{th} ）、及び出力30mWを得るために必要な動作電流（ I_{op} ）を、それぞれ示している。なお、図4の特性は、共振器長を700μmにして、共振器の両端面に無反射端面鏡及び高反射端面鏡をそれぞれ形成して、測定した値である。

図4のAは、図3の（a）の光強度分布をもたらす構成であって、p側光ガイド層の厚さが400Å且つn側ガイド層の厚さが100Åである。この場合には、しきい値電流は49mAであり、動作電流は94mAであって、他の場合に比べると非常に高い値となる。図4のBは、図3の（b）の光強度分布をもたらす構成であって、p側及びn側光ガイド層の厚さが、ともに250Åである。この場合には、比較的良好的な動作特性が得られて、具体的には、しきい値電流が47mA、動作電流が87mAとなる。図4のCは、本実施形態の半導体レーザに相当し、p側光ガイド層の厚さを100Å、n側光ガイド層の厚さを400Åとして、図3の（c）に示す光強度分布を実現している。この場合には、しきい値電流は45mAであり、動作電流は87mAとなり、さらに良好な値が得られている。

図5は、p側光ガイド層の厚さに対するn側光ガイド層の厚さの比（横軸）に対する、しきい値電流（縦軸）の変化を示す図である。具体的には、横軸の比率が0.25、1、4、及び13の場合のプロットが示されている。

図5から、両ガイド層の厚さの比を4にして、光ガイド層構造がn側に厚い非対称構造とした場合に、最も小さいしきい値電流が得られている。しかし、n側

ガイド層を厚くしすぎると、活性層内への光の閉じ込めが弱くなる。そのために、発振のための誘導放出による光の増幅に要する注入電流が増大して、しきい値電流が大きくなるので、動作特性の観点からは好ましくない。好ましい比の範囲としては、しきい値電流が約45 mA以下となる約2～約8の範囲である。

先に述べたように、レーザ光の強度分布のピークを埋め込み層から離していくと、活性層に垂直な方向での実効屈折率差が小さくなる。この結果、リッジ内部とリッジ外部との間の屈折率差を光が感じなくなり、基本(0次)モード以外に高次(1次)モードが現れて、単一横モードでの発振が困難になっていく。レーザ特性にとってはしきい値電流が小さいほうが好ましいが、その一方で、単一横モード発振が実現されないことは、半導体レーザにとって大きなデメリットとなる。

この点に関して、本発明の半導体レーザでは、単一横モード発振条件も容易に満たされる。このことを、図6(a)～(d)を参照して説明する。

図6(a)～(d)は、発振波長帯が680 nm、665 nm、650 nm、及び630 nmである場合における、p側光ガイド層の厚さに対するn側光ガイド層の厚さの比(横軸)に対するキンクレベル(縦軸)の変化を示す図である。具体的には、それぞれの場合において、横軸の比率が0.25、1、4、及び13の場合のプロットが示されている。ここで、キンクレベルとは、電流-光出力特性曲線における折れ曲がりのレベルを意味する。キンクレベルが小さいほど、高次のモードが立ち易い。

図6(a)に示す発振波長が680 nmである場合には、n側ガイド層が厚くなるに従って、キンクレベルが小さくなる。これは、活性層に垂直方向の屈折率差を光が感じ難くなって、光閉じ込め効果が弱くなるためである。しかし、図6(b)、(c)、及び(d)に順に示すように、発振波長を665 nm、650 nm、さらには630 nmと短くしていくと、図6(a)に示される傾向とは逆に、n側ガイド層が厚くなるに従って、リッジ直下にレーザ光を閉じ込める効果

が小さくなっていくにもかかわらずキンクレベルが増加している。このため、高次モードが立ち難くなって、単一横モードで発振し易くなっている。この傾向が得られる理由は、現時点では十分に明確にはなっていないが、発振波長が短くなるに従ってリッジ外部でのレーザ光の吸収効果が大きくなるためであると考えられる。

先に図1を参照して説明した本実施形態の半導体レーザにおいては、発振波長は650nmに設定されている。この場合、図6(c)に示されるように、n側ガイド層の厚さの増加に伴うキンクレベルの増加の効果が、顕著に認められる。従って、本実施形態の半導体レーザでは、高次モードが立ち難く容易に単一横モード発振が得られるとともに、埋め込み層でのレーザ光の吸収が少なく、低しきい値電流及び低動作電流が達成される。これより、光ディスクへの書き込みに適した高出力レーザとしても、本実施形態の半導体レーザを利用することができる。

活性層の光閉じ込め効率を上げて発振しきい値電流を低減するためには、光ガイド層の全体の厚みを約0.03 μ m以上に設定することが望ましい。さらに、光ガイド層の全体の厚さを約0.03 μ m～約0.12 μ mの範囲に設定すれば、層の厚さ方向における出射光の広がり角度（出射角）が約20度～約25度の範囲になり、基板に垂直な方向の出射光の広がり角度（出射角）との比が約3～約4となって、光ピックアップのレンズによる「けられ」が少ない、光ディスク用光源に適した特性が得られる。

光強度分布を、そのピークが活性層の外に位置する程度にまでシフトさせると、活性層における光閉じ込め効率の平均値が低下して、発振しきい値電流及び動作電流が増加する。従って、光強度分布のピークが活性層の外に位置している状態で活性層における光閉じ込め効率の低下を防ぐためには、光ガイド層の全体の厚さを約0.12 μ m以上にする必要がある。しかし、その様な設定では、上述のように層の厚さ方向の出力光の出射角が増大し、光ディスク用光源として不適当となる。以上の理由から、光強度分布のピークは、活性層内にあることが望まし

い。また、同様の理由から、光強度分布のピークの活性層中心からのシフト量は、約5 nm～約10 nmに設定することが望ましい。

5 以上のように、本実施形態の半導体レーザでは、n側及びp側光ガイド層の厚さを非対称にして、発振波長のレーザ光の光強度分布のピークを、活性層の中心に対して埋め込み層とは反対側に設定する。これによって、埋め込み層での光吸収を少なくして、優れた動作特性を有する半導体レーザが実現される。

10 なお、上記のような光強度分布のシフトに関連して、特開平5-243669号公報には、非対称な光ガイド層構造を設けることが開示されている。しかし、上記公報の開示内容では、光強度分布のピークを活性層の外に位置するまでシフトさせることにより、光損傷レベルを高めることができる旨が記載されている。さらに、上記公報に実施例として挙げられている半導体レーザでは、発振波長が約680 nm～約690 nmである。

15 一方、本発明によれば、650 nm帯の発振波長を有する半導体レーザにおいて、光強度分布のピークを必ずしも活性層の外にまでシフトさせることなく、非対称なガイド層の構造によって、キンクレベルや動作電流などに関する半導体レーザの基本動作特性が改善されるという効果が得られる。このように、本発明の半導体レーザと上記特開平5-243669号公報に開示されている半導体レーザとは、構造、作用、さらには適用される発振波長帯などが、お互いに全く異なっている。

20 第2の実施形態

第1の実施形態では、活性層の両側に非対称な光ガイド層を設けることによって、光強度分布のピークを活性層の中心に対して埋め込み層とは反対側に位置させている。それに対して本実施形態では、他の構成によって、上述のような光強度分布のピークのシフトを実現している。

25 図7(a)は、本実施形態の半導体レーザの活性層及びその近傍における(A

$(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の Al 組成 x の変化（すなわち、エネルギーバンド構造の変化）を示す。但し、同様な内容を示す図 2 には描かれていたエッチングストップ層及び第 2 の p 型クラッド層は、ここでは省略している。

活性層 104 の構造は、基本的に第 1 の実施形態の構造と同じであり、3 層の井戸層 104w 及び 2 層の障壁層 104b から構成されている。活性層 104 と n 型クラッド層 103 との間及び活性層 104 と p 型クラッド層 107 との間には、それぞれ n 側光ガイド層 205n 及び p 側光ガイド層 205p が設けられている。第 1 の実施形態とは異なり、これらの n 側及び p 側光ガイド層 205n 及び 205p の厚さは、どちらも 100 Å と等しくなっている。

さらに、n 型クラッド層 103 の中に、厚さ 200 Å のリモートガイド層 210 が設けられている。このリモートガイド層 210 の Al 組成は 0.5 であり、活性層 104 の中の障壁層 104b と同じバンドギャップエネルギーを有している。このようにして設けられるリモートガイド層 210 は、隣接する n 型クラッド層 103 よりも大きな屈折率を有しているため、活性層 104 で発光したレーザ光は、n 型クラッド層 103 の側に引き寄せられる。従って、発振波長の光強度分布のピークは、活性層 104 の中心に対して埋め込み層とは反対側の n 型クラッド層 103 の側に位置するようになる。

このように、図 7 (a) にエネルギーバンド構造を示す本実施形態の半導体レーザでは、光ガイド層 205n 及び 205p の構造は対称にしたままで、活性層 104 から離れたクラッド層 103 の中にガイド層（リモートガイド層）210 を設けることによって、光強度分布のピークを活性層 104 の中心に対して埋め込み層とは反対側に位置させている。

図 7 (b) は、本実施形態の他の半導体レーザの活性層及びその近傍における $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の Al 組成 x の変化（すなわち、エネルギーバンド構造の変化）を示す。但し、同様な内容を示す図 2 には描かれていたエッチングストップ層及び第 2 の p 型クラッド層は、ここでは省略している。

図 7 (b) に示される構成では、活性層 104 と n 型クラッド層 103 との間及び活性層 104 と p 型クラッド層 107 との間に、厚さではなく組成が互いに異なる n 側光ガイド層 305 n 及び p 側光ガイド層 305 p が、それぞれ設けられている。このように、光ガイド層の組成を非対称にすることによって、活性層 104 の中心に対して埋め込み層とは反対側の n 型クラッド層 103 の側に、光強度分布のピークを位置させることも可能である。

なお、本明細書では、発振波長を「630 nm 帯」或いは「650 nm 帯」などと称することがある。具体的には、「630 nm 帯の発振波長」とは、室温での発振波長が約 625 nm～約 640 nm の範囲にある。また、「650 nm 帯の発振波長」とは、室温での発振波長が約 645 nm～約 660 nm の範囲にある。

第 3 の実施形態

次に、本発明の第 3 の実施形態として、本発明に従って形成される半導体レーザを使用して構成される光ディスク装置を、図 8 を参照して説明する。

具体的には、本実施形態の光ディスク装置では、キャンの内部にレーザチップが収納されたキャンタイプの半導体レーザを、光源 801 として使用する。光源 801 からは、波長約 650 nm のレーザ光 802 が出射される。このレーザ光 802 は、コリメータレンズ 803 で平行光にされた後に、回折格子 804 で 3 ビームに分割される（但し、図 8 では、簡略化のために単一のビームとして示している）。その後、光ビームは、レーザ光のうちの特定成分のみを選択的に透過或いは反射するハーフプリズム 805 を通り、集光レンズ 806 で集光されて、光ディスク（記録媒体）807 の上に直径約 1 μ m のスポットを結ぶ。この光ディスク 807 としては、読み出し専用タイプのディスクの他に、書き換え可能なタイプのディスクも使用可能である。

光ディスク 807 からの反射光は、再び集光レンズ 806 を通り、ハーフプリ

ズム 805 で反射されて、受光レンズ 808 に向かう。そして、受光レンズ 808、さらにシリンドリカルレンズ 809 を通過して、受光素子 810 に入射される。この受光素子 810 は、複數に分割されたフォトダイオードを有しており、検知した光信号を電気信号に変換して、情報再生信号、トラッキング信号、及び
5 フォーカスエラー信号を生成する。

トラッキング信号及びフォーカスエラー信号の生成に関してさらに述べると、受光素子（フォトダイオード）810 における光検知の際に、分割された 3 ビームを用いて、光ディスク 807 の上の光ビームスポットのディスク半径方向のずれ（トラッキングエラー）を検出する。また、シリンドリカルレンズ 809 により、光ビームスポットの焦点の光ディスク 807 の表面に垂直な方向における位置ずれ（フォーカシングエラー）を検出する。検出されたこれらのずれ（トラッキングエラー及びフォーカシングエラー）に基づいて、トラッキング信号及びフォーカスエラー信号が生成される。そして、光ディスク 807 の上における光ビームスポットの位置が、生成されたトラッキング信号及びフォーカスエラー信号
10 に基づいて駆動系 811 によって微動調整され、ずれが修正される。具体的には、例えば駆動系 811 で集光レンズ 806 の位置を微調整することによって、上記の位置の修正が行われる。

このように、図 8 の光ディスク装置は、光源として機能する半導体レーザ 801 と、半導体レーザ 801 からのレーザ光 802 を光ディスク 807 に導く集光光学系と、光ディスク 807 から反射した光を検出する光検出器 810 を備えて
20 いて、光ディスク 807 に記録されている情報信号の読み出し（再生）を行う。また、半導体レーザ 801 からの光出力を大きくすることで、光ディスク 807 への書き込み（記録）も行うことができる。すなわち、1 台の半導体レーザ 801 を光源として使用しながら読み出し及び書き込みの両機能を実施できる、簡単な構成で優れた特性を有する光ディスク装置を実現することができる。

特に、光源である半導体レーザ 801 として、本発明の半導体レーザを使用す

れば、発振波長が約650nmであって且つ約30mWという高出力のレーザ光を利用できる。従って、光ディスク807に対して、安定して情報を書き込むことができる。一方、光ディスク807に記録されている情報の再生にあたっては、半導体レーザ801を高出力で動作させる必要がない。具体的には、半導体レーザ801を、約5mW程度の低出力で動作するように調整する。

以上のように、本発明の半導体レーザを光ディスク装置の光源として使用することによって、1台の半導体レーザ（光源）801を用いて、波長約650nmで高密度な情報の記録及び再生が実現される。これによって、簡単な構成で高性能な光ディスク装置が実現される。

また、半導体レーザ（光源）801と受光素子810とがお互いに近くに配置されている構成においては、半導体レーザ（光源）801と受光素子810とを一体化することが可能になり、光ディスク装置のさらなる小型化が可能となる。

第4の実施形態

本発明の第4の実施形態として、本発明に従って形成される半導体レーザを使用して構成される他の光ディスク装置を、図9～図11を参照して説明する。なお、この光ディスク装置は、回路実装学会誌、第10巻第5号、第336～340頁に説明されている。

図9及び図10は、本実施形態における光ディスク装置の構成を模式的に示す図である。

本実施形態の光ディスク装置では、第3の実施形態の構成とは異なって、図11に示すようにレーザチップ921、光信号検出用のフォトダイオード931及び932、さらにレーザチップ921からのレーザ光を反射させるマイクロミラー940をシリコン基板920の上に一体的に構成することで、光ディスク装置のさらなる小型化及び薄型化を図っている。なお、以下の説明では、シリコン基板920の上に一体に構成されたレーザチップ921、フォトダイオード931

及び 932、及びマイクロミラー 940 を、総称してレーザユニット 901 と呼ぶ。

図 9 に模式的に示すように、レーザユニット 901 から出射したレーザ光 902 は、ホログラム素子 903 の下面に形成されたグレーティングパターンにより 3 ビームに分割された後に（但し、図 9 では、簡単のために 1 本のビームとして描いている）、 $1/4$ 波板 904 を通過し、さらに対物レンズ 905 により光ディスク 906 の表面の情報トラックに集光される。光ディスク 906 の表面からの反射ビームは、再び対物レンズ 905 及び $1/4$ 波板 904 を通過した後に、ホログラム素子 903 に入射する。そして、図 10 に示すように、ホログラム素子 903 の上面に形成されたホログラムパターン 909 によって、 ± 1 次光 911 及び 912 として、それぞれ集光及び発散作用を付加されて左右に回折される。左右に回折された光 911 及び 912 は、一対のフォトダイオード 931 及び 932 を照射するが、図 10 に示されるように、左側に回折された回折光 911 は、フォトダイオード 931 の受光面の手前に焦点をもつビームとなり、右側に回折された回折光 912 は、フォトダイオード 932 の受光面の後ろに焦点を持つビームとなる。

図 11 は、レーザユニット 901 の構成を斜視図である。

レーザユニット 901 では、シリコン基板 920 の上に形成された凹部 925 に、半導体レーザチップ 921 が配置されている。この半導体レーザチップ 921 から出射する光 910 は、シリコン基板 920 の表面に対して 45 度の角度を持つようにシリコン基板 920 に形成されているマイクロミラー 940 により、上方へ出射する。マイクロミラー 940 は、凹部 925 の側面の一部に相当するシリコンの (111) 面を利用して、形成される。これは、シリコンの (111) 面は異方性エッチングにより簡単に得ることができ、且つ化学的に安定な面であるので、光学的に平坦な面が得られ易いからである。

シリコン (100) 面を用いる場合、(111) 面は (100) 面に対して 5

4度の角度をなすので、(100)面の面方位から<110>方向へ9度傾斜した基板を用いれば、45度の角度が得られる。この場合には、マイクロミラー940と対向する面の角度は63度となるが、この面には、レーザチップ921からの光出力をモニタするモニタ用フォトダイオード922を形成する。

- 5 マイクロミラー940の表面は平坦なシリコンであるが、レーザ光の吸収を抑制し且つ光の利用効率を高めるためには、金などの反射効率が高く且つレーザ光を吸収しない金属を蒸着して、光の損失を少なくすることが好ましい。

- 10 反射ビーム911及び912を受光する一対のフォトダイオード931及び932は、シリコン基板920の上のレーザチップ921を配置する凹部925の左右の箇所に、直接に形成される。一対のフォトダイオード931及び932のそれぞれは5分割されており、フォーカスエラー信号の検出には、そのうち中央の3つの部分を利用する。

- 15 さらに、図8を参照して説明した光ディスク装置と同様に、フォトダイオード931及び932の検出信号に基づいて、トラッキング信号及びフォーカスエラー信号が生成される。そして、光ディスク906の上における光ビームスポットの位置が、生成されたトラッキング信号及びフォーカスエラー信号に基づいて、アクチュエータ907（図9参照）によって調整され、ずれが修正される。

- 20 以上のような特徴を有するレーザユニット901を用いることにより、光ディスク装置の小型化及び薄型化が可能となる。また、上記のレーザユニット901は、フォトダイオード931及び932ならびにマイクロミラー940が形成されているシリコン基板920の表面の凹部925にレーザチップ921を配置するだけで得られるので、製造工程が簡略化でき、且つ歩留まりが向上する。

産業上の利用の可能性

- 25 以上のように、本発明の半導体レーザでは、発振波長の光強度分布のピークを活性層に対して埋め込み層の反対側に位置させることによって、埋め込み層での

光吸収を小さくするとともに、650nm帯の発振波長での単一横モード発振を容易に得ることができる。さらに、しきい値電流及び動作電流が小さく、光ディスクへの書き込みのための光源として適した、優れた動作性能を有する高出力レーザが得られ、産業の発達に大きく貢献するものである。

- 5 本発明の半導体レーザを光ディスク装置の光源に用いることにより、650nm帯の発振波長において35mWという高出力を得ることが可能である。これより、従来の780nmの半導体レーザでは実現が困難な、高密度記録を達成することができる。半導体レーザの光出力を、光ディスクからの情報の再生時には5mW程度に設定し、記録時には35mW程度に設定することによって、記録及び
- 10 再生を1台の半導体レーザで実現することができ、簡単な構成で高性能な光ディスク装置を実現できる。

請求の範囲

1. 活性層と、
該活性層から発光されたレーザ光を吸収する埋め込み層と、
5 を備え、
該レーザ光の発振波長が650nm帯にあって、発振モードが単一横モードで
あり、
該レーザ光の光強度分布のピークが、該活性層の中心に対して該埋め込み層と
は反対側に位置している、半導体レーザ。
10
2. 前記活性層の両側に形成された一对の光ガイド層をさらに備え、該一对の
光ガイド層が非対称構造を有している、請求項1に記載の半導体レーザ。
3. 前記一对の光ガイド層のうちで、前記活性層に対して前記埋め込み層とは
15 反対側に位置する第1の層の厚さが、該活性層に対して該埋め込み層の側に位置
する第2の層の厚さよりも大きい、請求項2に記載の半導体レーザ。
4. 前記一对の光ガイド層において、前記第2の層の厚さに対する前記第1の
層の厚さの比が約2～約8の範囲にある、請求項4に記載の半導体レーザ。
20
5. 前記一对の光ガイド層の厚さの合計が約0.03 μ m～約0.12 μ mで
ある、請求項2から4のいずれかに記載の半導体レーザ。
6. 前記レーザ光の光強度分布のピークが、前記活性層の中心から約5nm～
25 約10nmシフトしている、請求項1に記載の半導体レーザ。

7. 前記レーザ光の光強度分布のピークが前記活性層の内部に位置している、請求項 1 に記載の半導体レーザ。

5 8. 前記活性層が多重量子井戸構造を有している、請求項 1 に記載の半導体レーザ。

9. 前記活性層がオフ基板の上に形成されている、請求項 1 に記載の半導体レーザ。

10 10. 前記活性層に対して前記埋め込み層とは反対側の位置に、隣接する層よりも小さい屈折率を有する層が設けられている、請求項 1 に記載の半導体レーザ。

11. 発振波長が、650nm帯の代わりに630nm帯にある、請求項 1 から10のいずれかに記載の半導体レーザ。

15

12. 半導体レーザと、
該半導体レーザから出射したレーザ光を記録媒体に集光する光学系と、
該記録媒体からの反射光を受光する光検出器と、
を備えた光ディスク装置であって、

20 該半導体レーザが請求項 1 から11のいずれかに記載の半導体レーザである、
光ディスク装置。

13. 前記半導体レーザを光源として使用して、前記記録媒体に情報を記録する、請求項 12 に記載の光ディスク装置。

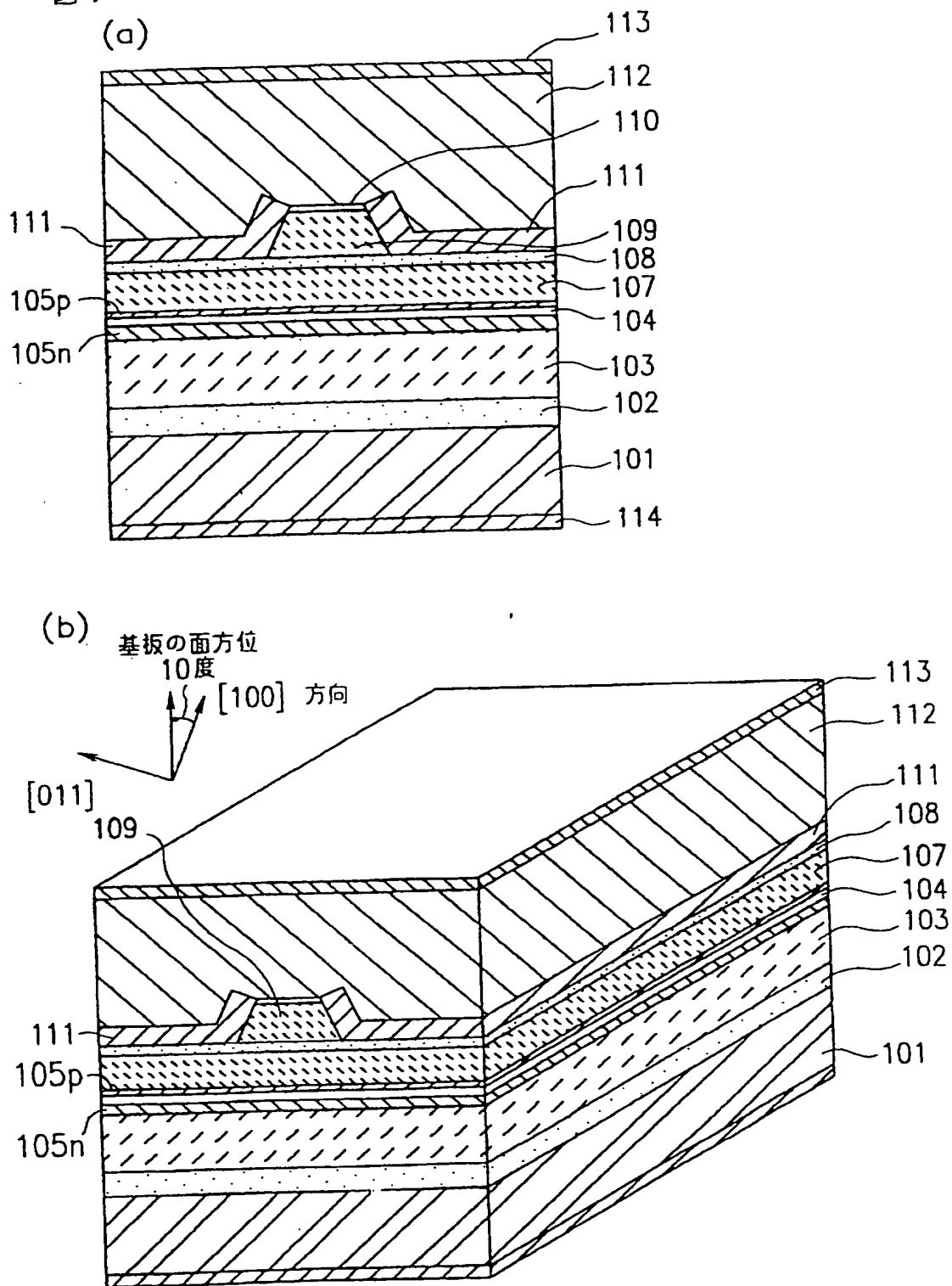
14. 前記光検出器は前記半導体レーザの近傍に配置されている、請求項12に記載の光ディスク装置。

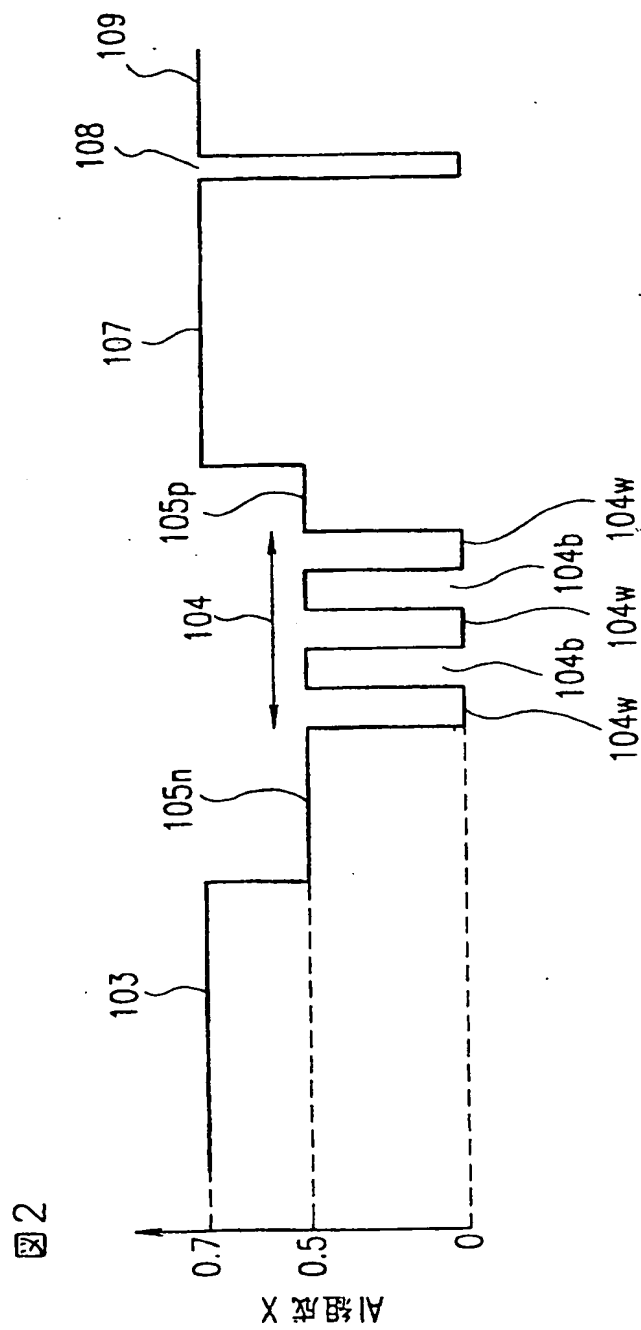
5 15. 前記光検出器はシリコン基板上に形成されており、前記半導体レーザは該シリコン基板上に設置されている、請求項12に記載の光ディスク装置。

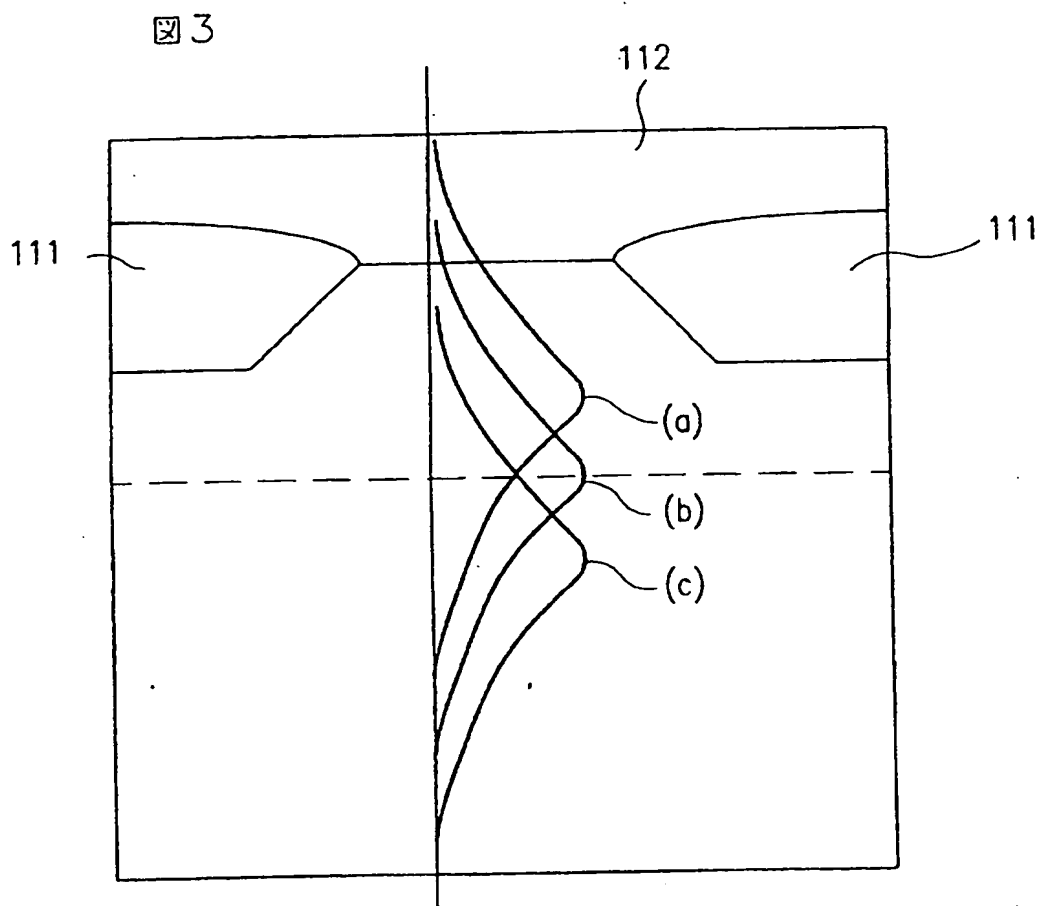
10 16. 前記半導体レーザは、前記シリコン基板に形成された凹部に設置されており、該半導体レーザから出射されたレーザ光は、該シリコン基板に形成されたマイクロミラーによって反射されて、該シリコン基板の表面に対して実質的に垂直な方向に進む、請求項15に記載の光ディスク装置。

17. 前記マイクロミラーの表面に金属層が形成されている、請求項16に記載の光ディスク装置。

図 1







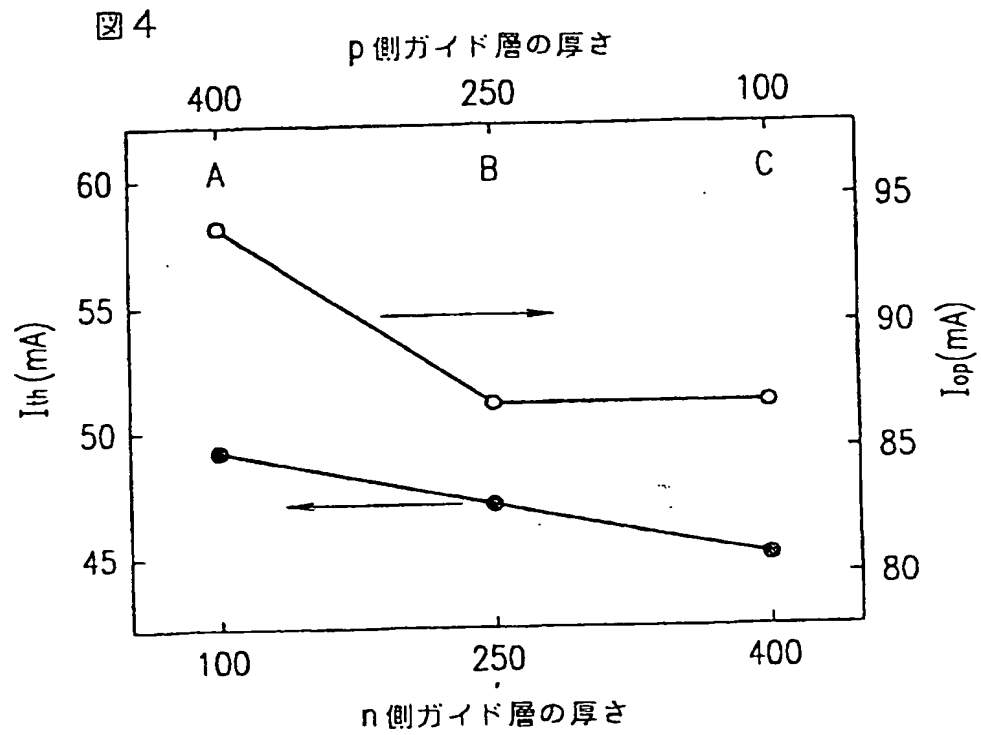


図5

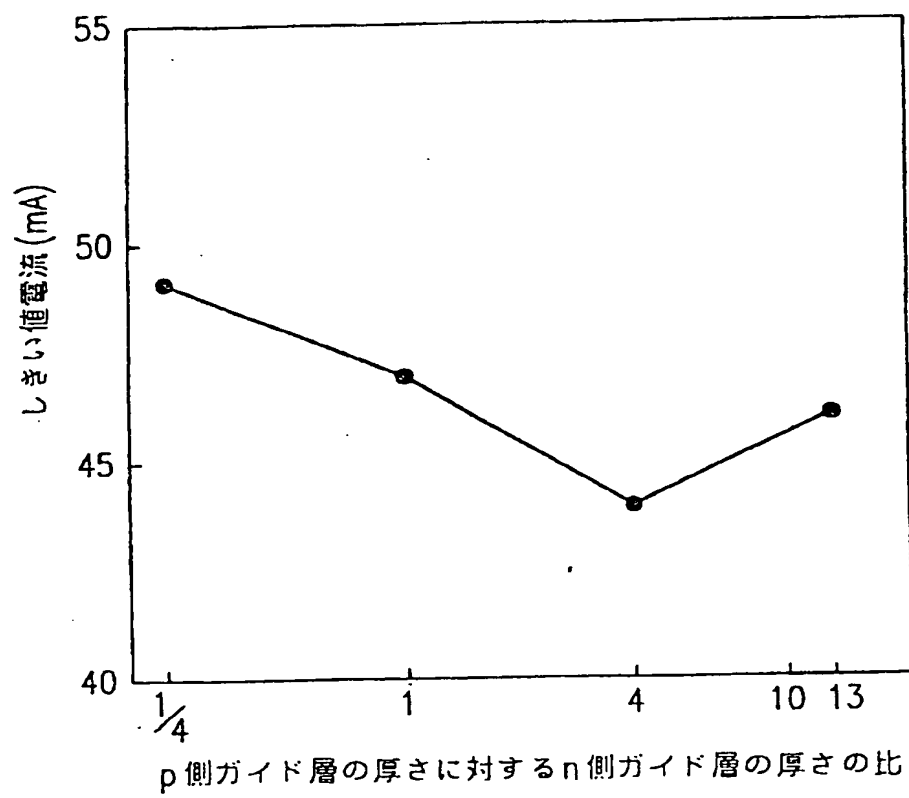


図 6

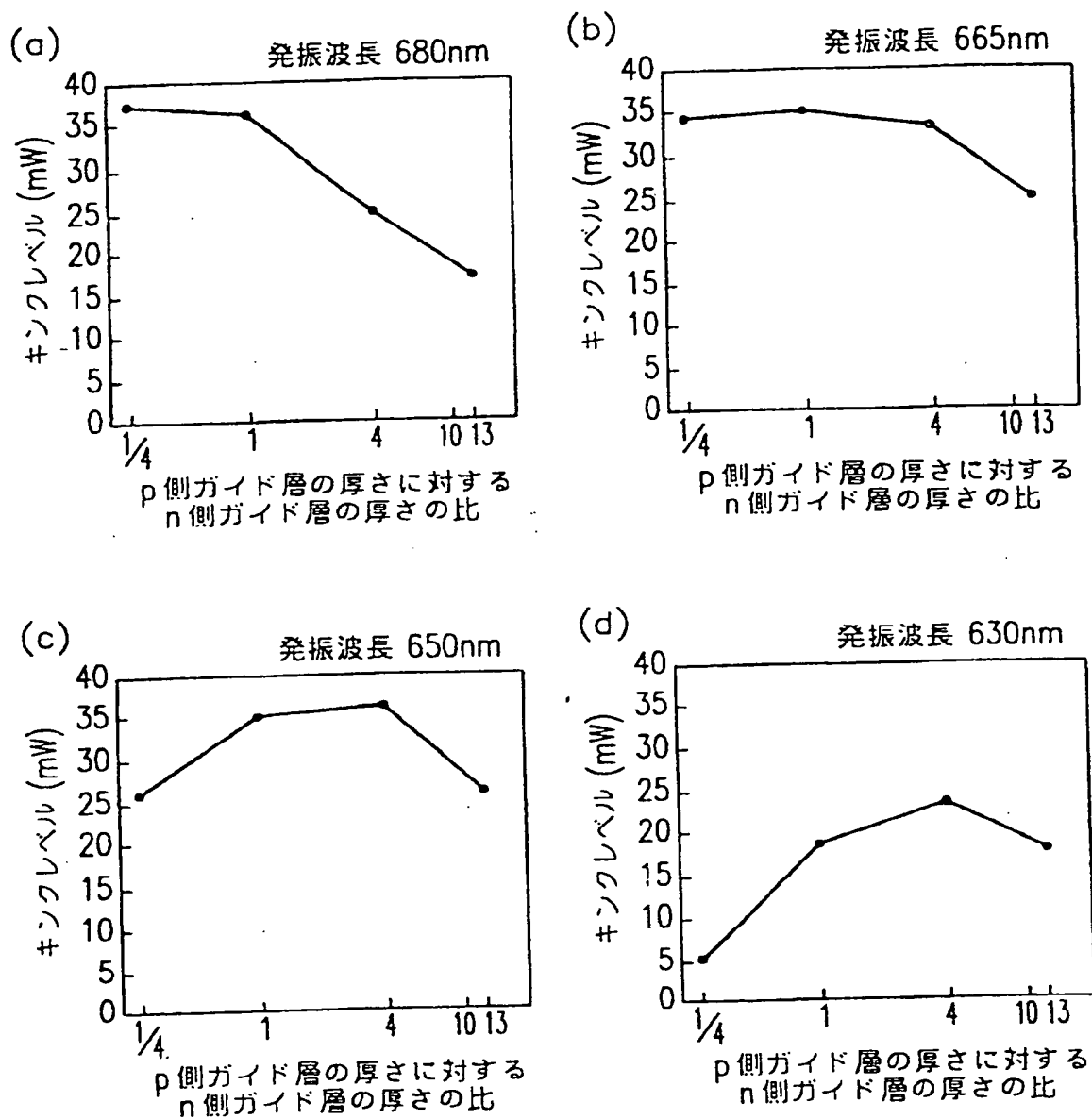


図 7

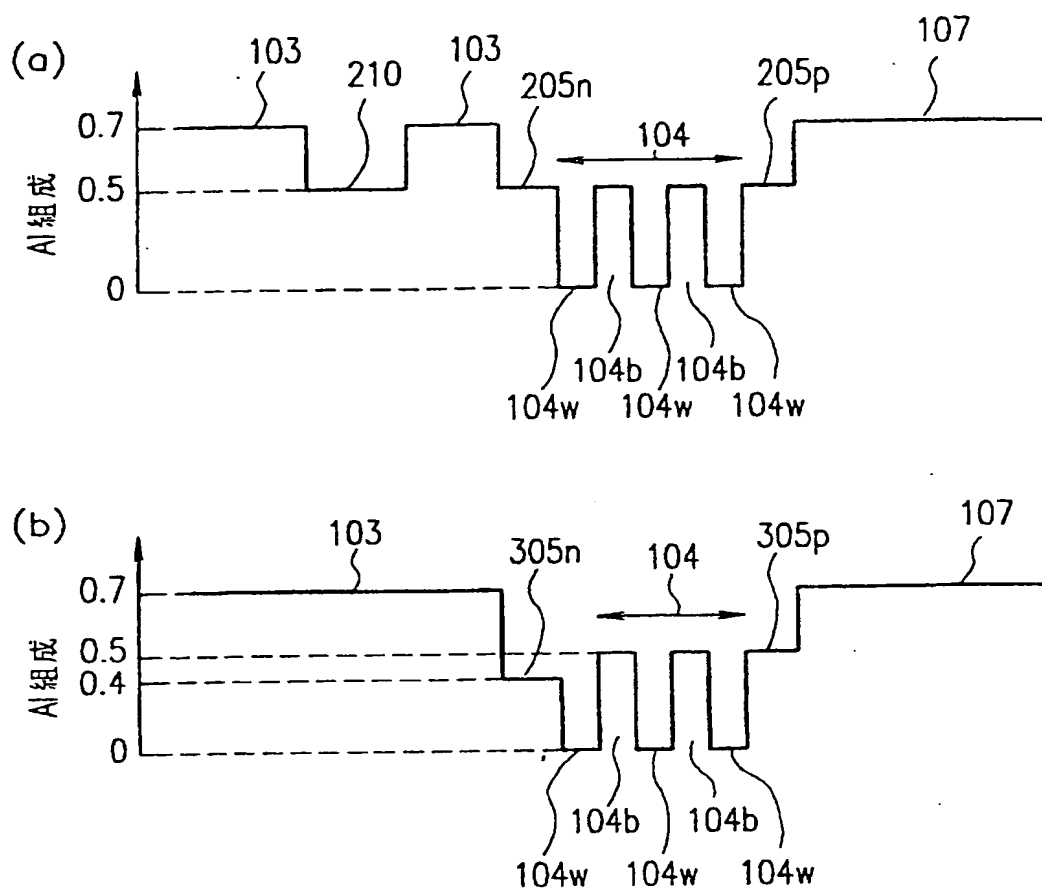
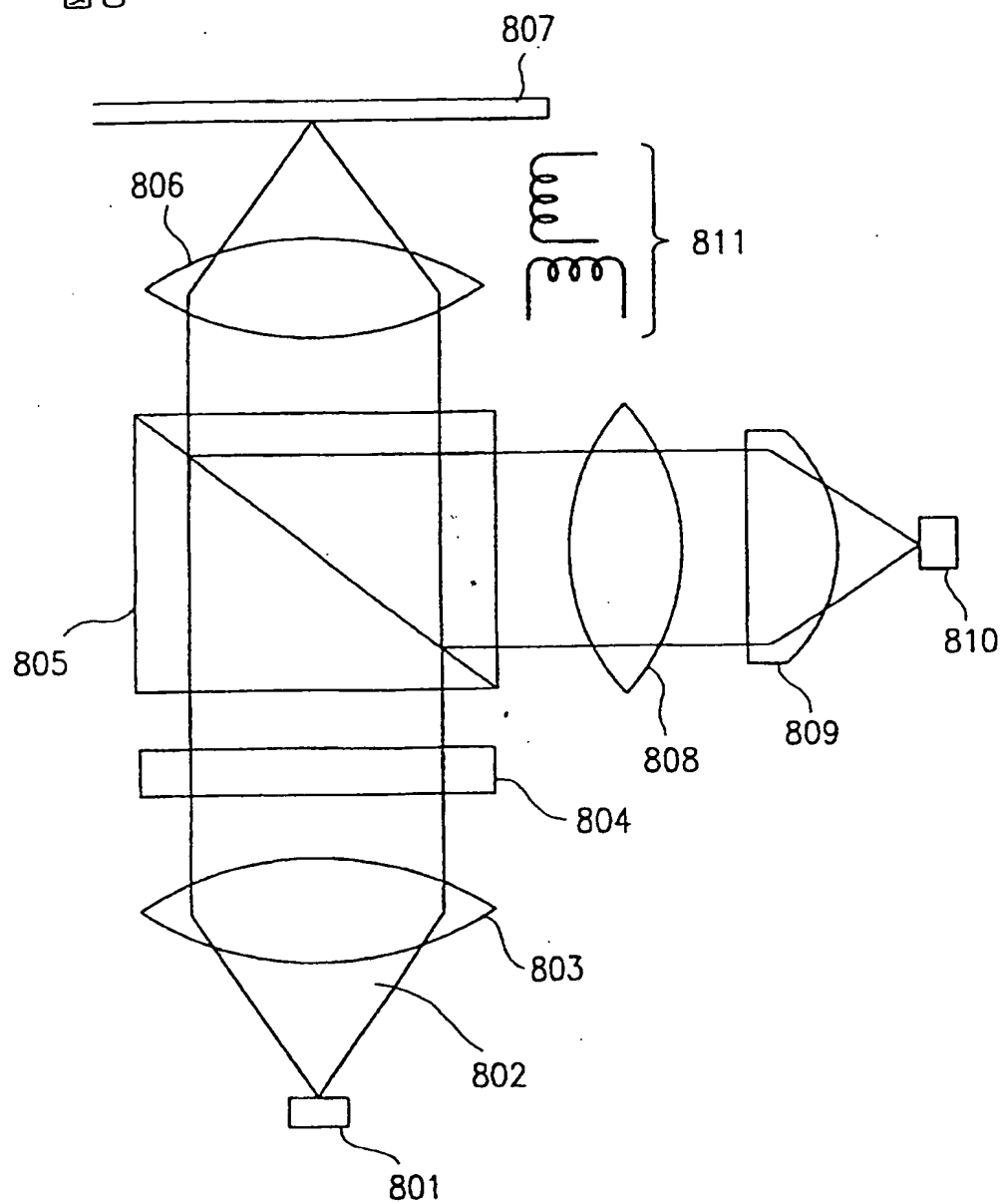


図 8



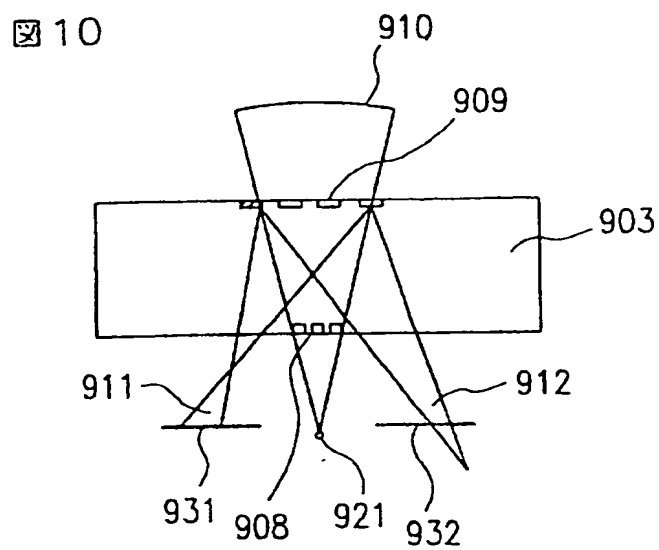
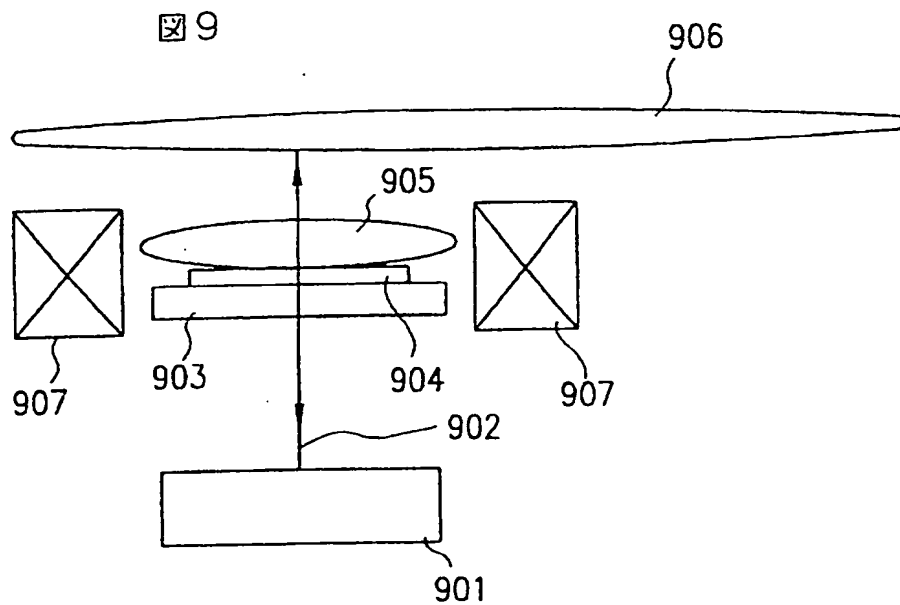
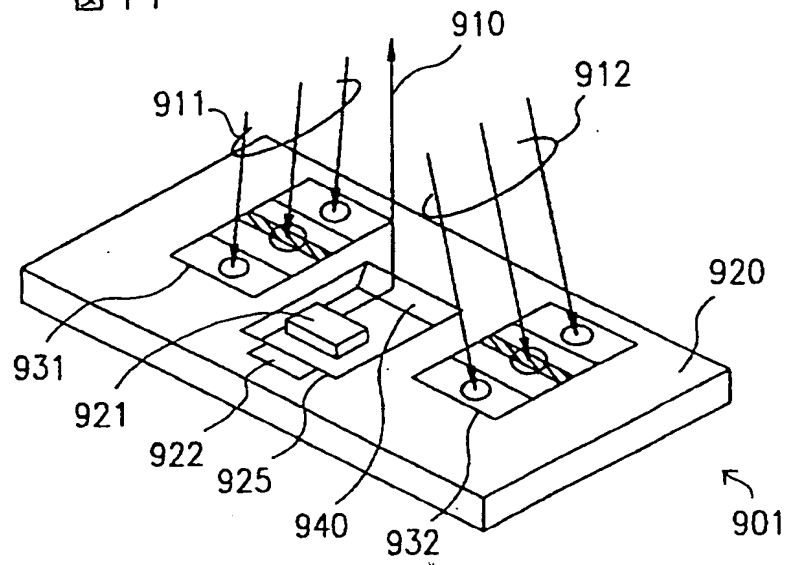


図 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/02171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ H01S3/18, G11B7/125

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ H01S3/18, G11B7/125

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1997

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1996

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 5-243669, A (Hitachi, Ltd.),	1 - 11
Y	September 21, 1993 (21. 09. 93) (Family: none)	12 - 17
X	JP, 3-44085, A (Toshiba Corp.), February 25, 1991 (25. 02. 91) & US, 5065404, A & EP, 408373, A	1, 6, 7
X	JP, 6-112586, A (NEC Corp.), April 22, 1994 (22. 04. 94) (Family: none)	1, 6-8
X	JP, 2-74088, A (Toshiba Corp.), March 14, 1990 (14. 03. 90) & EP, 358227, B1 & US, 4982409, A & KR, 9300553, B1	1, 6, 7
Y	JP, 4-61635, A (NEC Corp.), July 27, 1992 (27. 07. 92) (Family: none)	12 - 17
Y	JP, 1-150244, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), June 13, 1989 (13. 06. 89) (Family: none)	12 - 17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

September 26, 1997 (26. 09. 97)

Date of mailing of the international search report

October 7, 1997 (07. 10. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/02171

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 64-27286, A (Mitsubishi Electric Corp.), January 30, 1989 (30. 01. 89) (Family: none)	12 - 17
Y	JP, 64-27286, A (Sony Corp.), February 20, 1989 (20. 02. 89) (Family: none)	12 - 17
A	JP, 6-181360, A (Toshiba Corp.), June 28, 1994 (28. 06. 94) & US, 5406574, A	1 - 17
A	JP, 07-99366, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), April 11, 1995 (11. 04. 95) (Family: none)	1 - 17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01S3/18, G11B7/125

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01S3/18, G11B7/125

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1997
日本国公開実用新案公報 1971-1996

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 5-243669, A (株式会社日立製作所) 21. 9月. 93 (21. 09 . 93) (ファミリーなし)	1-11 12-17
X	J P, 3-44085, A (株式会社東芝) 25. 2月. 91 (25. 02. 91) &US, 5065404, A&EP, 408373, A	1, 6, 7
X	J P, 6-112586, A (日本電気株式会社) 22. 4月. 94 (22. 04. 94) (ファミリーなし)	1, 6-8
X	J P, 2-74088, A (株式会社東芝) 14. 3月. 90 (14. 03. 94) &EP, 358227, B1&US, 4982409, A&KR, 9300553, B1	1, 6, 7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に関する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 09. 97

国際調査報告の発送日

07.10.97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

河原 正

印

2 K

9608

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 4-61635, A (日本電気株式会社) 27. 7月. 92 (27. 07. 92) (ファミリーなし)	12-17
Y	J P, 1-150244, A (松下電器産業株式会社) 13. 6月. 89 (13. 06. 89) (ファミリーなし)	12-17
Y	J P, 64-27286, A (三菱電機株式会社) 30. 1月. 89 (30. 01. 89) (ファミリーなし)	12-17
Y	J P, 64-27286, A (ソニー株式会社) 20. 2月. 89 (20. 02. 89) (ファミリーなし)	12-17
A	J P, 6-181360, A (株式会社東芝) 28. 6月. 94 (28. 06. 94) & US, 5406574, A	1-17
A	J P, 07-99366, A (松下電器産業株式会社) 11. 4月. 95 (11. 04. 95) (ファミリーなし)	1-17